**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Фёдоров В. Б.
Пользователь: fedorovvb
Дата подписания: 11.03.2021

В. Б. Фёдоров

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.35 Системы питания жидкостных ракетных двигателей
**для специальности** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет
**специализация** Проектирование жидкостных ракетных двигателей
**форма обучения** очная
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Ваулин С. Д.
Пользователь: vaulinsd
Дата подписания: 17.11.2020

С. Д. Ваулин

Разработчик программы,
старший преподаватель

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Зарницына Е. А.
Пользователь: zarnitcynaea
Дата подписания: 17.11.2020

Е. А. Зарницына

Челябинск

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков по проектированию, изготовлению, испытанию и эксплуатации систем питания ракетных двигателей. Задачи дисциплины: разработка проектов двигателей и энергоустановок ЛА с учетом физико-механических, технологических, экологических и экономических параметров; выпуск конструкторской документации на ракетные, реактивные двигатели, двигательные и энергетические установки и их отдельные узлы и агрегаты; работа по осуществлению соответствия результатов проектно-конструкторской деятельности нормативной документации системы качества отрасли; разработка технических условий и технических описаний; проведение стандартных и типовых испытаний деталей, их агрегатов и энергоустановок ЛА; проведение регистрации, вторичной обработки и анализа результатов экспериментальных исследований, стендовой и летной отработки и эксплуатации изделий двигателей ЛА; организация метрологической поверки, градуировки и калибровки основных первичных преобразователей и средств измерений

## Краткое содержание дисциплины

Вытеснительная и насосная системы питания РД. Топливные баки ЖРДУ. Газобаллонные системы наддува ТБ, Газогенераторные системы наддува ТБ. Массовые характеристики агрегатов систем питания. Устойчивость систем питания РД.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы) |
|---|---|
| ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД | Знать:- теорию и расчетные методики по проектированию жид¬костных ракетных двигателей; - основные виды жидких ракетных топлив; - основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; - виды ЖРДУ и их назначение в составе летательного аппарата; - основы автоматического управления и принципы регулирования ЖРД; - методы проектирования технологических процессов производства ракетных двигателей; - методы испытаний и отработки ЖРД; |
| | Уметь:- применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их от-дельных узлов; • - рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - конструировать ЖРД и ЖРДУ, их узлы и агрегаты; • - формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - рассчитывать основные характеристики и разрабатывать технологические процессы производства ЖРД; |
| | Владеть:- понятийным аппаратом ЖРД и ЖРДУ; |

| | |
|---|---|
| | • - методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений; • - методами испытаний и вопросами обеспечения надежности; методами математического моделирования ЖРД; • - техникой расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий. |
| ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений | Знать:- теорию и расчетные методики по проектированию жид¬костных ракетных двигателей; - основные виды жидких ракетных топлив; - основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; - виды ЖРДУ и их назначение в составе летательного аппарата; - основы автоматического управления и принципы регулирования ЖРД; - методы проектирования технологических процессов производства ракетных двигателей; - методы испытаний и отработки ЖРД; |
| | Уметь:- применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; • - рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - конструировать ЖРД и ЖРДУ, их узлы и агрегаты; • - формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; • - рассчитывать основные характеристики и разрабатывать технологические процессы производства ЖРД; |
| | Владеть:- понятийным аппаратом ЖРД и ЖРДУ; • - методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений; • - методами испытаний и вопросами обеспечения надежности; методами математического моделирования ЖРД; • - техникой расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий. |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей,<br>Б.1.37 Теория и проектирование турбонасосных агрегатов,<br>Б.1.31 Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях | Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр) |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|---|
| Б.1.37 Теория и проектирование турбонасосных агрегатов | Знать: турбонасосную систему подачи компонентов топлива в КС ЖРД. Уметь: определять энергетические характкристики ТНА для насосной системы подачи компонентов топлива. Владеть: методиками согласования параметров системы питания с параметрами ЖРДУ. |
| Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей | Знать: виды ЖРДУ и их назначение в составе ЛА; основные характеристики рабочих процессов в ЖРД. Уметь: рассчитывать основные характеристики ЖРД. Владеть: техникоой расчета и конструирования Жрд. |
| Б.1.31 Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях | Знать: основные виды жидких ракетных топлив. Уметь:выбирать компоненты топлива для системы питания ЖРД. Владеть: методиками термодинамического расчета горенич топлива. |

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|---|---|---|
| | | Номер семестра |
| | | 10 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 108 | 108 |
| *Аудиторные занятия:* | 48 | 48 |
| Лекции (Л) | 16 | 16 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 |
| *Самостоятельная работа (СРС)* | 60 | 60 |
| Проработка лекционного материала | 60 | 60 |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | диф.зачет |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 0 | Введение | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | Вытеснительная система подачи | 11 | 6 | 4 | 1 |
| 2 | Турбонасосные системы подачи | 20 | 1 | 4 | 15 |
| 3 | Элементы систем топливоподачи | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 4 | Параметры системы топливоподачи | 12 | 4 | 8 | 0 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во |
|---|---|---|---|

| | | | часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | Общие сведения | 1 |
| 2 | 1 | 1.1. Системы на холодном газе | 2 |
| 3 | 1 | 1.2. Системы на горячем газе | 3 |
| 4 | 1 | 1.3. Безгазовые системы | 1 |
| 5 | 2 | 2.1. Общая характеристика насосной системы подачи. 2.2. Рабочее тело привода турбины | 1 |
| 6 | 3 | 3.1. Аккумуляторы давления. 3.2. ТГГ и стартеры ТНА. 3.3. ЖГГ. 3.4. Устройства для управления потоками. 4.4. Вспомогательное оборудование | 4 |
| 7 | 4 | 4.1. Потери давления в магистралях | 4 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Расчет газобаллонные системы наддува ТБ РД и дренажные системы | 4 |
| 2 | 2 | Расчет газогенераторные системы наддува ТБ РД | 4 |
| 3 | 4 | Устойчивость систем питания РД | 4 |
| 4 | 4 | Статические характеристики систем питания ЖРД | 4 |

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 11ФМ | 1 |
| 2 | 2 | Система питания компонентами топлива ЖРД изделия 4К-50 | 3 |
| 3 | 2 | Система питания компонентами топлива ЖРД изделия 4К-55 | 4 |
| 4 | 2 | Система питания компонентами топлива ЖРД 2-й ступени изделия 8К84 | 4 |
| 4 | 2 | Системы питания компонентами топлива ЖРД 1-й ступени изделия 8К84 | 4 |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | |
|---|---|---|
| Вид работы и содержание задания | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) | Кол-во часов |
| Проработка лекционного материала | См. основную и дополнительную литературу | 60 |

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

| Инновационные формы учебных занятий | Вид работы (Л, ПЗ, ЛР) | Краткое описание | Кол-во ауд. часов |
|---|---|---|---|
| Обучение работе в команде над комплексным решением практических задач | Практические занятия и семинары | Выбор и обоснование термодинамической схемы подачи топлива | 12 |

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

| Наименование разделов дисциплины | Контролируемая компетенция ЗУНы | Вид контроля (включая текущий) | №№ заданий |
|---|---|---|---|
| Все разделы | ПК-5 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений | Дифференцированный зачет | - |
| Все разделы | ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД | Дифференцированный зачет | - |

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

| Вид контроля | Процедуры проведения и оценивания | Критерии оценивания |
|---|---|---|
| Дифференцированный зачет | При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179): КТ-1-5 - вопросы по темам 1-5, КТ-6, 7 - задачи по теме 5, КТ-8-11 - защита лабораторных работ. Письменные ответы на вопросы по каждой теме ( 1 вопрос), решение одной задачи по каждой теме. Время подготовки 1 час по каждой теме. Оценка за дифференциальный зачеьт формируется в системе "Электронный ЮУрГУ" из оценок по КТ, посещаемости, доклада: коэффициент КТ1-11 - 1, коэффициент посещаемости - 0,5, коэффициент доклада - 1. Доклад по желанию студента. | Отлично: 100-85%<br>Хорошо: 84-70%<br>Удовлетворительно: 69-51%<br>Неудовлетворительно: менее 50,9 |

### 7.3. Типовые контрольные задания

| Вид контроля | Типовые контрольные задания |
|---|---|
| Дифференцированный зачет | Примерные вопросы:<br>1. Системы питания компонентами топлива и их сравнительный анализ.<br>2. Достоинства и недостатки вытеснительной системы подачи.<br>3. Достоинства и недостатки насосной системы питания.<br>4. Связь энергетических параметров ТНА с энергетическими параметрами ДУ, выполненной по открытой схеме.<br>5. Связь энергетических параметров ТНА с энергетическими параметрами ДУ, выполненной по закрытой схеме.<br>6. В чем заключаются достоинства схем двигателей с вытеснительной |

| | |
|---|---|
| | подачей?<br>7. В каких областях применяются двигатели с вытеснительной подачей?<br>8. Какие имеются пути повышения эффективности двигателей с вытеснительной системой подачи?<br>9. В чем состоят основные преимущества двигателей с насосной подачей?<br>10. Чем вызвана необходимость наддува баков?<br>11. Какие имеются схемы наддува баков?<br>12. Назовите схемы раскрутки турбины при запуске?<br>13. Чем отличается восстановительные ЖГГ двигателе от окислительных?<br>14. Какие проблемы решаются при разработке восстановительных и окислительных ЖГГ двигателей?<br>15. Чем отличаются по конструкции и распределению температуры по длине однозонные и двухзонные ЖГГ двигателей?<br>16. Назовите типы катализаторов, применяемых для разложения жидких компонентов топлива?<br>17. Основные конструктивные элементы топливных баков.<br>18. Требования, предъявляемые к топливным бакам.<br>19. Из чего состоит объем топливного бака?<br>20. Из чего состоит расчетная массовая заправка?<br>21. Из чего состоит остаток топлива в баке?<br>22. Из чего состоит погрешность заправки бака?<br>23. Исходя из чего рассчитывается объем газовой подушки бака?<br>24. Типы и формы топливных баков.<br>25. Типы заборных устройств.<br>26. Разделительные устройства топливных баков.<br>27. Заправочные и дренажно-предохранительные клапана.<br>28. Регуляторы наддува топливных баков.<br>29. Система питания ДУ 4Д-50 компонентами топлива.<br>30. Системы питания ДУ 4Д-55 компонентами топлива.<br>31. Системы питания компонентами топлива ЖРД первой ступени изделия 4К84.<br>32. Системы питания компонентами топлива ЖРД второй ступени изделия 4К84. |

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

*а) основная литература:*


1. Овсянников, Б. В. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей Текст учебник для авиац. вузов и фак. Б. В. Овсянников, Б. И. Боровский. - М.: Машиностроение, 1971. - 540 с. ил.
2. Волков, Е. Б. Статика и динамика ракетных двигательных установок Кн. 2 Динамика В 2-х кн. Е. Б. Волков, Т. А. Сырицын, Г. Ю. Мазинг. - М.: Машиностроение, 1978. - 319 с. Ил.
3. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования Текст учеб. для вузов по направлению"Авиа-и ракетостроение", специальности "Ракет. двигатели" "Двигатели летат. аппаратов" М. В. Добровольский : под ред. Д. А. Ягодникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 486, [1] с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Гликман, Б. Ф. Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей Б. Ф. Гликман. - М.: Машиностроение, 1974. - 396 с. черт.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Дегтярь Б.Г. Оптимальные давления двигателя высокого давления на жидком топливе: учебное пособие / Б.Г. Дегтярь. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 52 с.
2. 1. Детярь Б.Г. Кавитация и POGO неустойчивость - ЮУрГУ, 1997.- 123 с.
3. Ваулин С.Д. Пневмогидравлические системы ракет морского базирования: учебное пособие / С.Д. Ваулин, Б.Г. Дегтярь, Е.В. Сафонов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 62 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

4. Дегтярь Б.Г. Оптимальные давления двигателя высокого давления на жидком топливе: учебное пособие / Б.Г. Дегтярь. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 52 с.
5. 1. Детярь Б.Г. Кавитация и POGO неустойчивость - ЮУрГУ, 1997.- 123 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

| № | Вид литературы | Наименование разработки | Наименование ресурса в электронной форме | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Основная литература | Библиотека УЦ РКТ | Учебно-методические материалы кафедры | ЛокальнаяСеть / Авторизованный |
| 2 | Дополнительная литература | Пинчук, В. А. Энергетический расчёт ЖРД с нагнетательными системами питания : учебное пособие / В. А. Пинчук. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 90 с. — ISBN 987-5-907054-19-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122084 (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 3 | Основная литература | Жуйко, Д. А. Турбонасосные агрегаты жидкостного ракетного двигателя : учебное пособие / Д. А. Жуйко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2017. — 218 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | URL: https://e.lanbook.com/book/147506 (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. | | |
| 4 | Дополнительная литература | Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установок : учебное пособие / Ю. И. Васютин, И. А. Смирнов, Д. А. Ягодников [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 223 с. — ISBN 978-5-7038-4633-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106259 (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 5 | Основная литература | Тестоедов, Н. А. Проектирование и конструирование баллистических ракет и ракет-носителей : учебное пособие / Н. А. Тестоедов, В. В. Кольга, Л. А. Семенова. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2014. — 308 с. — ISBN 978-5-86433-608-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/147502 (дата обращения: 06.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---|---|---|
| Практические занятия и семинары | 244 (2) | Компьютерная техника, программное обеспечение |
| Лекции | 244 (2) | Макеты, компьютерная техника, программное обеспечение |
| Лабораторные занятия | 100 (2в) | Натурные изделия |